

(43)Date of publication of application : 05.09.1997

H04N 1/407
G06T 5/00

(72)Inventor : OOKUBO NATSUMI

[illegible]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-233336

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 1/407			H 0 4 N 1/40	1 0 1 E
G 0 6 T 5/00			G 0 6 F 15/68	3 1 0 J

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平8-32475

(22) 出願日 平成8年(1996)2月20日

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 大久保 なつみ

神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロックス株式会社内

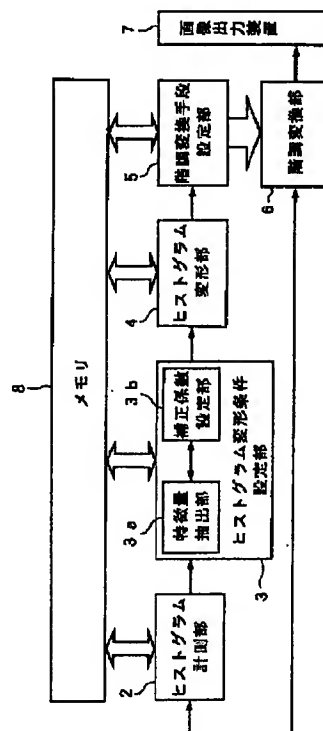
(74) 代理人 弁理士 川▲崎▼ 研二

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】 入力画像の重要な特徴を維持したまま入力画像全体に渡って適切な補正処理を容易に行うことができるようにする。

【解決手段】 まず、予走査において、ヒストグラム計測部2は、入力画像データのヒストグラムH(i)を作成する。ヒストグラム変形条件設定部3は、上記ヒストグラムH(i)から特徴量を算出し、該特徴量を用いて補正係数を算出する。ヒストグラム変形部4は、上記補正係数を用いて、ヒストグラムH(i)において頻度の少ない階調または頻度の多い階調をそのままの頻度で出力し、他の階調を平坦化するような頻度数変換式を作成し、該頻度数変換式によってヒストグラムH(i)をヒストグラムG(i)に変換する。階調変換手段設定部5は、ヒストグラムH(i)と正規化したヒストグラムG_r(i)とを用いて、階調変換部6の階調変換テーブルを作成する。次に、本走査において、階調変換部6の階調変換テーブルは、画像入力装置1から供給される画像データを階調変換する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像データの階調毎に画素数を計数することによりヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段と、

前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムに基づいて前記画像データの特徴情報を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて頻度の多い階調および頻度の少ない階調を維持し、その他の部分の階調を平坦化するように、前記画像データの階調を変換する変換手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 前記変換手段は、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて前記ヒストグラムを補正するヒストグラム補正手段と、

前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムおよび前記ヒストグラム補正手段によって補正された補正ヒストグラムに基づいて、前記画像データの階調を補正する補正手段とを具備することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】 前記変換手段は、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて頻度の多い階調および頻度の少ない階調を維持し、その他の部分の階調を平坦化するための頻度数変換式を設定する頻度数変換式設定手段を具備し、
前記ヒストグラム補正手段は、前記頻度数変換式設定手段によって設定された頻度数変換式に基づいて前記ヒス*

$$G(i) = \left(\frac{H(i) - MIN}{AVE - MIN} \right)^{\gamma_1} \times (AVE - MIN) + MIN$$

但し、 $H(i) = MIN \sim AVE$

【数 4】

$$G(i) = \left(\frac{H(i) - AVE}{MAX - AVE} \right)^{\gamma_2} \times (MAX - AVE) + AVE$$

但し、 $H(i) = AVE \sim MAX$

で示されることを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、入力される画像データを再現する装置に係り、特に、画像データに応じて最適な階調補正を施す画像処理装置に関する。

【0002】

* トグラムを補正することを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】 前記変換手段は、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて各階調の頻度を近傍の画素に分散するように、前記画像データの階調を変換することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 5】 前記変換手段は、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記頻度数変換式設定手段によって設定された頻度数変換式における対称性を補正する頻度数変換式補正手段を具備することを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

【請求項 6】 前記頻度数変換式は、前記特徴情報として、頻度の最小値 MIN、頻度の最大値 MAX、頻度の平均値 AVE、および頻度の標準偏差 σ を用いて、補正係数 γ_1 、 γ_2 を

【数 1】

$$\gamma_1 = 1 - \frac{\sigma / 2}{AVE - MIN}$$

【数 2】

$$\gamma_2 = 1 - \frac{\sigma / 2}{MAX - AVE}$$

とすると、

【数 3】

る忠実な再現だけでなく、より高品質な再現が要求されている。例えば、書類などにおいては、背景の白い部分が汚れている場合には、汚れをそのままコピーしてしまうのではなく、汚れのない状態で再現した方がよいし、文字がかすれている場合には、文字輪郭をはっきりとシャープに再現する方がよい。また、一般の人が室内で撮影したような暗く、コントラストの弱い写真を再現する場合には、明るく、コントラストを強くした画像になる

【0003】また、ネットワーク化／システム化の進歩に伴って、どのような環境下で作成されたのか不明な画像を補正処理しなければならない状況に直面する場合もある。この場合、撮影条件等の外部からの情報がいないため、該情報を補正処理に反映することができない。したがって、画像自身からの情報を主な特徴量として補正処理を実行しなければならない。

【0004】加えて、画像がどのような特徴を有している場合に、どのような補正処理を行えばよいか、また、どの程度の補正をおこなえばよいかなど、画像が有する特徴に応じて補正処理の種類または補正処理の程度を決めなければならない。したがって、画像処理に関して専門的な知識を有していなければ、「最適な補正処理」を行うことは難しい。

【0005】そこで、従来より、入力される画像の階調分布をヒストグラム化し、該ヒストグラム分布を特徴量とし、該特徴量を予め用意した変換テーブルを用いて変換することにより、画像の階調を補正する画像処理装置が知られている。以下、これら従来の画像処理装置による補正処理の手法を説明する。

【0006】まず、第1の手法は、一般に、ダイナミックレンジ変換と呼ばれる補正処理であり、画像の階調情報から得られるヒストグラムの分布を、より広い濃度領域に線形的に引き延ばすことで、画像の階調バランスを補正するものである。ここで、図11(a)は、入力画像の階調分布であるヒストグラムH(i)を示す概念図であり、同図(b)は、上記ダイナミックレンジ変換において用いられる階調変換テーブル(LUT)の入出力特性を示す概念図であり、同図(c)は、上記階調変換テーブルによって変換された、補正処理後の画像データの階調分布であるヒストグラムG(i)を示す概念図である。

【0007】第1の手法を用いる画像処理装置は、まず、入力される画像データの階調分布であるヒストグラムH(i)を作成する。該ヒストグラムH(i)は、縦軸に頻度、横軸に階調をとると、例えば、図11(a)に示すような分布になる。図示するx1は、階調の最小値、x2は、階調の最大値、Mは、最大階調(例えば、256階調であれば、M=255)である。

【0008】次に、画像処理装置は、図11(b)に示す入出力特性を有する階調変換テーブルを用いて、上記図11(a)に示すヒストグラムH(i)を変換する。図11(b)に示す階調変換テーブルは、入力画像データの階調分布に応じて、その入出力特性が決定されるものであり、例えば、入力画像が上述したように最大階調Mで、その階調の最小値がx1、最大値がx2であったとすると、階調「x1」を階調「0」に、階調「x2」を階調「M」に、その間の階調を直線的に変換するような入出力特性となる。したがって、図示の階調変換テ

破線で示すヒストグラムG(i)、すなわち、ある特定範囲(x1~x2)に集中している階調分布が全階調域(0~M)に引き延ばされた分布となるので、コントラストが強調されることになる。

【0009】このように、上述したダイナミックレンジ変換では、画像データのヒストグラムH(i)に基づいて変換テーブルの入出力特性を決定し、該階調変換テーブルによって画像データに応じた補正処理を行うようにしている。

【0010】次に、第2の手法は、コントラスト改善方法として広く知られているヒストグラム平坦化と呼ばれる補正処理である。該第2の手法は、上述した第1の手法に対して、ヒストグラムH(i)自身を変形し、該変形したヒストグラムを用いて階調変換テーブルを作成するものである。これは、ヒストグラムを全領域に分布させ、しかも頻度が一定となるようにヒストグラムを変形させる。ここで、図12(a)は、正規化した入力画像のヒストグラムH(i)を示す概念図であり、同図(b)は、上記ヒストグラムH(i)の頻度数を変換する頻度数変換式(後述)を示す概念図であり、同図(c)は、上記頻度数変換式によって変換された、補正処理後の画像データの階調分布であるヒストグラムG(i)を示す概念図である。

【0011】第2の手法を用いる画像処理装置は、まず、正規化した入力画像データの階調分布であるヒストグラムH(i)を作成する。該ヒストグラムH(i)は、前述した第1の手法と同様に、縦軸に頻度、横軸に階調をとると、例えば、図12(a)に示すような分布になる。但し、ヒストグラムH(i)は正規化された入力画像データのヒストグラム分布である。

【0012】次に、画像処理装置は、図12(b)に示す入出力頻度数特性を有する頻度数変換式を用いて、上記図12(a)に示すヒストグラムH(i)を変換する。入力画像がM階調であるとき、頻度数変換式は、
【数5】

$$G(i) = 1/M$$

で表される。すなわち、上記頻度数変換式は、図12(b)に示すような直性をなすもので、ヒストグラムH(i)で表される各階調の頻度を一定(頻度の平均値)に変換する。したがって、上記頻度数変換式で画像データの階調頻度数を変換すると、図12(c)に破線で示すヒストグラムG(i)、すなわち、全階調域にわたって平坦な分布となるので、階調の分布が如何なる状態であってもコントラストが強調されることになる。

【0013】次に、第3の手法は、頻度の低い階調域のコントラストをあまり低下させず、頻度の高い階調域のコントラストを強調させる、パラメトリック変換と呼ばれる手法である。ここで、図13(a)は、正規化した入力画像のヒストグラムH(i)を示す概念図であり、

換する頻度数変換式（後述）を示す概念図であり、同図（c）は、上記頻度数変換式によって変換された、補正処理後の画像データの階調分布であるヒストグラムG（i）を示す概念図である。

【0014】第3の手法を用いる画像処理装置は、まず、正規化した入力画像データの階調分布であるヒストグラムH（i）を作成する。該ヒストグラムH（i）は、前述した第2の手法と同様に、図13（a）に示すような分布になる。但し、ヒストグラムH（i）は正規化された入力画像データのヒストグラム分布である。次に、画像処理装置は、図13（b）に示す入出力頻度数特性を有する頻度数変換式を用いて、上記図13（a）に示すヒストグラムH（i）を変換する。

【0015】入力画像がM階調であるとき、頻度数変換式は、

$$G(i) = H(i)^p / \sum_{j=0}^{M-1} H(j)^p$$

で表される。すなわち、上記頻度数変換式は、図13（b）に示すような曲線をなすもので、パラメータp（数式2を参照）によって調整可能で、コントラスト強調の度合いを変化させることができるようになっており、ヒストグラムH（i）で表される各階調の頻度数をパラメータpに応じた特性で変換する。したがって、上記頻度数変換式で画像データの階調頻度数を変換すると、パラメータpに応じて、図13（a）に示すヒストグラム（p=1）と全階調域の頻度が一定となるヒストグラム（p=0）との間の状態をとる、図13（c）に破線で示すヒストグラムG（i）となる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したダイナミックレンジ変換では、入力画像のヒストグラムH（i）が元々全階調に分布しているような場合には効果がない。また、ヒストグラムの分布が偏っているような場合も、単純に階調の分布している領域を引き延ばしているだけであるので、分布の偏りまでは補正できないという問題があった。

【0017】次に、上述したヒストグラム平坦化手法では、全階調の頻度が一樣（頻度の平均値）となるように分布させるため、入力画像のヒストグラムにおいて頻度が小さい階調があった場合、該小さい階調部分のコントラストが失われるという問題があった。また、コントラストの強度を調節できないため、画像に応じたコントラスト補正ができず、画像によってはコントラストを強調し過ぎるという問題があった。

【0018】次に、パラメトリック変換では、ヒストグラムを完全に平坦化することなく、パラメータnで調整

記ヒストグラム平坦化手法における問題は生じない。しかしながら、入力画像の重要な特徴とも言える頻度の高い階調部分まで平坦化してしまうため、入力画像の階調分布によっては、補正処理後の画像が入力画像の特徴を保持しなくなるという問題があった。また、パラメトリック変換では、入力画像の階調分布がある特定範囲に集中している場合には、その範囲内でしかコントラスト強調が実行されないという問題があった。

【0019】この発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、入力画像の重要な特徴を維持したまま入力画像全体に渡って適切な補正処理を容易に行うことができる画像処理装置を提供することを目的としている。

【0020】

【課題を解決するための手段】上述した問題点を解決するために、請求項1記載の発明では、画像データの階調毎に画素数を計数することによりヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段と、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムに基づいて前記画像データの特徴情報を抽出する抽出手段と、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて頻度の多い階調および頻度の少ない階調を維持し、その他の部分の階調を平坦化するように、前記画像データの階調を変換する変換手段とを具備することを特徴とする。

【0021】また、請求項2記載の発明では、請求項1記載の画像処理装置において、前記変換手段は、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて前記ヒストグラムを補正するヒストグラム補正手段と、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムおよび前記ヒストグラム補正手段によって補正された補正ヒストグラムに基づいて、前記画像データの階調を補正する補正手段とを具備することを特徴とする。

【0022】また、請求項3記載の発明では、請求項2記載の画像処理装置において、前記変換手段は、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて頻度の多い階調および頻度の少ない階調を維持し、その他の部分の階調を平坦化するための頻度数変換式を設定する頻度数変換式設定手段を具備し、前記ヒストグラム補正手段は、前記頻度数変換式設定手段によって設定された頻度数変換式に基づいて前記ヒストグラムを補正することを特徴とする。

【0023】また、請求項4記載の発明では、請求項1記載の画像処理装置において、前記変換手段は、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて各階調の頻度を近傍の画素に分散するように、前記画像データの階調を変換することを特徴とする。

【0024】また、請求項5記載の発明では、請求項3

出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記頻度数変換式設定手段によって設定された頻度数変換式における対称性を補正する頻度数変換式補正手段を具備することを特徴とする。

【0025】また、請求項6記載の発明では、請求項3記載の画像処理装置において、前記頻度変換式は、前記特徴情報として、頻度の最小値MIN、頻度の最大値MAX、頻度の平均値AVE、および頻度の標準偏差 σ を用いて、補正係数 γ_1 、 γ_2 を

【数7】

$$\gamma_1 = 1 - \frac{\sigma / 2}{AVE - MIN}$$

$$G(i) = \left(\frac{H(i) - MIN}{AVE - MIN} \right)^* \gamma_1 \times (AVE - MIN) + MIN$$

但し、 $H(i) = MIN \sim AVE$

【0028】

※ ※ 【数10】

$$G(i) = \left(\frac{H(i) - AVE}{MAX - AVE} \right)^{\frac{1}{2}} \gamma_2 \times (MAX - AVE) + AVE$$

但し、 $H(i) = AVE \sim MAX$

で示されることを特徴とする。

【0029】この発明によれば、ヒストグラム作成手段は、画像データの階調毎に画素数を計数することによりヒストグラムを作成する。抽出手段は、ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムに基づいて画像データの特征情報を抽出する。変換手段は、抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて頻度の多い階調および頻度の少ない階調を維持し、その他の部分の階調を平坦化するように、画像データの階調を変換する。したがって、入力画像の重要な特徴を維持したまま入力画像全体に渡って適切な補正処理を容易に行うことが可能となる。

【0030】

【発明の実施の形態】次に図面を参照してこの発明の実施形態について説明する。

【0031】A-1. 第1の実施形態の構成

まず、本発明の第1の実施形態による画像処理装置について説明する。図1は本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示すブロック図である。図において、画像入力装置1は、例えばスキャナなどの光学的に原稿画像を読み取るデジタル多値画像入力機器や、画像データが記憶された記憶媒体（メモリ、フロッピディスク、ハードディスク）、ネットワーク等を介してコンピ

* 【0026】

【数8】

$$\gamma_2 = 1 - \frac{\sigma / 2}{MAX - AVE}$$

とすると、

【0027】

【数9】

10

ンターフェース等からなり、画像データを受信し、ヒストグラム計測部2に供給する。

【0032】ヒストグラム計測部2は、入力画像データの階調の頻度数を計数して、図2(a)に概念的に示すヒストグラムH(i)を作成し、メモリ8に格納する。ヒストグラム変形条件設定部3は、特徴量抽出部3aと補正係数設定部3bとから構成されており、ヒストグラムH(i)から画像データの特徴量を抽出し、該特徴量に基づいて、画像データの特徴的な部分を維持しつつ、その他の部分を平均化するような後述するヒストグラムG(i)を作成するための補正係数（後述）を算出する。

【0033】具体的には、特徴量抽出部3aは、メモリ8に格納されているヒストグラムH(i)から画像データの特徴量を抽出するものであって、画像データの特徴量として、頻度の最小値MIN、頻度の最大値MAX、頻度の平均値AVE、および頻度の標準偏差 σ を算出する。また、補正係数設定部3bは、上記画像データの特徴量（頻度の最小値MIN、頻度の最大値MAX、頻度の平均値AVE、および頻度の標準偏差 σ ）を用いて、次に示す数式7および数式8に従って、ヒストグラムH(i)を変形するための2つの補正係数 γ_1 、 γ_2 を算出し、ヒストグラム変形部4に供給する。

【0034】

$$\gamma_1 = 1 - \frac{\sigma/2}{AVE - MIN}$$

【0035】

【数12】

$$\gamma_2 = 1 - \frac{\sigma/2}{MAX - AVE}$$

$$G(i) = \left(\frac{H(i) - MIN}{AVE - MIN} \right)^{\gamma_1} \times (AVE - MIN) + MIN$$

但し、 $H(i) = MIN \sim AVE$

【0038】

※ ※ 【数14】

$$G(i) = \left(\frac{H(i) - AVE}{MAX - AVE} \right)^{\frac{1}{\gamma_2}} \times (MAX - AVE) + AVE$$

但し、 $H(i) = AVE \sim MAX$

【0039】ここで、図2(b)は、ヒストグラムH(i)の頻度とヒストグラムG(i)の頻度との関係を示す概念図であり、上記数式9が上側に膨らんだ曲線を示し、数式10が下側に膨らんだ曲線を示している。図2(b)に概念的に示すように、該ヒストグラムG

(i)によれば、ヒストグラムH(i)における頻度の少ない階調または頻度の多い階調は、ヒストグラムG

(i)においても、そのままの頻度で出力されるので維持され、他の階調は、ヒストグラムG(i)において、平均に近づくように、すなわち平坦化するように変換されることになる。ここで、変形後のヒストグラムG

(i)を正規化してヒストグラムGr(i)とすると、該ヒストグラムGr(i)は、図2(c)で示すような形状となる。該ヒストグラムGr(i)はメモリ8に記憶される。

【0040】次に、階調変換手段設定部5は、メモリ8に格納されている、変形前のヒストグラムH(i)と変形後のヒストグラムGr(i)から変形前の累積ヒストグラムHf(i)と変形後の累積ヒストグラムGrf

(i)とを作成し、累積ヒストグラムHf(i)で示される階調が累積ヒストグラムGrf(i)で示される階調で出力されるような階調変換テーブル(LUT)を作成する。具体的には、図3に示すように、変形前の累積ヒストグラムHf(i)において、ある階調inが累積頻度Fである場合、変形後の累積ヒストグラムGrf

(i)で累積頻度Fを示す階調は「out」である。階調変換手段設定部5は、全階調域にわたり、上記階調inと階調outとを対として階調変換テーブルを作成していく。

10

* 【0036】ヒストグラム変形部4は、上記補正係数 γ_1 、 γ_2 を用いて、次に示す数式9および数式10に従って、メモリ8に格納されているヒストグラムH(i)をヒストグラムG(i)に変換する。

【0037】

【数13】

ストグラム変形条件設定部3、ヒストグラム変形部4、階調変換手段設定部5は、画像データに補正処理を施す前の予走査において動作し、実際に、画像データに補正処理を施す際には動作しない。

【0042】階調変換部6は、上記階調変換テーブルであり、予走査において、上記階調変換手段設定部5から供給される階調inをアドレスとし、該アドレスに対して、上記階調outを記憶する。また、本走査においては、画像データ(各画素の階調値)がアドレスに供給されるようになっており、この結果、そのアドレスに記憶された階調outが出力されることになり、階調変換テーブルとして機能する。

【0043】次に、画像出力装置7は、例えば、プリンタなどの画像出力機器や、半導体メモリ、磁気記憶装置等から構成されており、上記階調変換部6から供給される階調out、すなわち補正処理された階調に従って画像データを再現する。

【0044】A-2. 第1の実施形態の動作

次に、本第1の実施形態の動作を説明する。ここで、図4は、上述した第1の実施形態による画像処理装置の動作を示すフローチャートである。まず、予走査において、ステップSa1で、画像入力装置1によって画像データを入力し、ステップSa2で、ヒストグラム計測部2によって、入力画像データの階調の頻度数を計数して、図2(a)に概念的に示すヒストグラムH(i)を作成し、メモリ8に格納する。

【0045】次に、ステップSa3において、ヒストグラム変形条件設定部3の特徴量抽出部3aによって、メモリ8に格納されたヒストグラムH(i)から特徴量と

の平均値 AVE 、および頻度の標準偏差 σ を算出する。そして、ステップ $Sa4$ において、ヒストグラム変形条件設定部 3 の補正係数設定部 3b によって、上記頻度の最小値 MIN 、頻度の最大値 MAX 、頻度の平均値 AVE 、および頻度の標準偏差 σ を用いて、数式 7 および数式 8 に従って補正係数 γ_1 、 γ_2 を算出する。

【0046】次に、ステップ $Sa5$ において、ヒストグラム変形部 4 によって、上記補正係数 γ_1 、 γ_2 を用いて、数式 9 および数式 10 を決定し、ステップ $Sa6$ において、メモリ 8 に格納されているヒストグラム H

(i) をヒストグラム $G(i)$ に変換する。この結果、ヒストグラム $H(i)$ における頻度の少ない階調または頻度の多い階調は、そのままの頻度で出力されるので維持され、他の階調は、平均に近づくように、すなわち平坦化するように変換される。ここで、変形後のヒストグラム $G(i)$ を正規化してヒストグラム $G_r(i)$ とし、メモリ 8 に記憶する。次に、ステップ $Sa7$ において、階調変換手段設定部 5 によって、メモリ 8 に格納されているヒストグラム $H(i)$ と変形後のヒストグラム $G_r(i)$ とを用いて、階調変換部 6 におけるデータを

設定し、階調変換テーブルを作成する。

【0047】次に、本走査に移行し、ステップ $Sa8$ において、階調変換部 6 の階調変換テーブルによって、画像入力装置 1 から供給される画像データの階調を変換し、画像出力装置 7 に送出する。ステップ $Sa9$ では、画像出力装置 7 によって、階調変換された補正画像データを出力する。

【0048】このように、本第 1 の実施形態では、入力画像データのヒストグラム $H(i)$ を作成し、該ヒストグラム $H(i)$ から入力画像データの特徴量を抽出し、該特徴量に基づいて、頻度の少ない階調または頻度の多い階調を、そのままの頻度で出力し、他の階調を平均に近づくように平坦化する頻度数変換式を作成し、該頻度数変換式によってヒストグラム $H(i)$ をヒストグラム $G(i)$ に変換し、該ヒストグラム $H(i)$ とヒストグラム $G(i)$ に基づいて、階調変換テーブルを作成するように変換するようにしたので、頻度の低い部分のコントラストを低下させることなく、画像の重要な特徴を維持したままで、コントラストを強調することができる。また、頻度数変換式に用いる補正係数を画像データ自身の特徴量から自動的に算出するため、過度のコントラスト強調を防止することができ、専門的な知識を有しないユーザであっても画像に応じて適切な補正を行うことができる。

【0049】B-1. 第 2 の実施形態の構成

次に、本発明の第 2 の実施形態による画像処理装置について説明する。図 5 は本第 2 の実施形態による画像処理装置の構成を示すブロック図である。なお、図 1 に対応する部分には同一の符号を付けて説明を省略する。ま

モリに保存されている RGB の色空間からなる画像データを取り扱うものとする。図において、色空間変換部 10 は、上記 RGB の色空間からなる画像データを、周知の方式に従って、 $L^*a^*b^*$ の色空間からなる画像データに変換し、明度信号 L^* をヒストグラム計測部 12 および階調変換部 6 に供給するとともに、 a^*b^* を色空間変換部 13 に供給する。ヒストグラム計測部 11 は、基本的に前述した第 1 の実施形態によるヒストグラム計測部 2 と同じ構成であるが、本第 2 の実施形態では、上記明度信号 L^* に基づいて、ヒストグラム H

(i) を作成し、メモリ 8 に格納する。したがって、本第 2 の実施形態では、明度信号 L^* のみに階調補正処理を実行するようになっている。

【0050】次に、階調変換手段設定部 12 は、ヒストグラム変形部 4 によって変形されたヒストグラム G

(i) となるように、ヒストグラム $H(i)$ の各階調の頻度を、周辺の階調に割り振るよう設定する。これは、第 1 の実施形態における階調変換テーブルによって変換された画像のヒストグラムを改めて算出し直した場合、変換前の階調と変換後の階調を 1 対 1 で対応させているため、ヒストグラム $G(i)$ とは完全に一致せず、階調に抜けが生じ、変換後の画像のヒストグラムが櫛状になることを防止するためである。そこで、本第 2 の実施形態では、上述したように、ヒストグラム $H(i)$ の各階調の頻度を周辺の階調に分配することにより、変換後の画像のヒストグラムは $G(i)$ に完全に一致させるようになっている。

【0051】図 6 (a) では、説明を簡単にするために、8 階調の画像データに対して、各階調の頻度を、頻度数「10」になるように周辺の階調に割り振っている。具体的には、変換前のヒストグラム $H(i)$ において、階調「0」の頻度は「1 個」であるので、階調「0」の頻度を「1 個」と、階調「1」の頻度を「6 個」と、階調「2」の頻度の「20 個」の中からランダムに選択した「3 個」とを加算して 10 個とする。同様に、他の階調の頻度を分散させる。

【0052】実際には、階調変換手段設定部 12 は、図 6 (b) に示すように、上述した画素分配操作に基づいて、変換前のヒストグラム $H(i)$ における各階調の頻度を、変換後のヒストグラム $G(i)$ のどの階調にいくつ移動させるかを示す階調変換テーブルを作成する。例えば、変換前の階調「2」である画素のうち「7 個」と、変換前の階調「3」である画素のうち「3 個」とが、変換後のヒストグラムでは、階調「2」となる。また、図 6 (b) では、縦に小計した値がヒストグラム変換前の頻度数となり、横に小計した値がヒストグラム変換後の頻度数となる。

【0053】したがって、階調変換部 6 には、上記頻度数の分配を示す階調変換テーブルが設定され、本走査に

を上記階調変換テーブルを参照しながら階調変換し、明度信号 L_v^ として色空間変換部13に供給する。色空間変換部13は、上記明度信号 L_v^* 、色空間変換部10から供給される a^* 、 b^* を、再び、 R_v 、 G_v 、 B_v の色空間の画像データに変換し、画像出力装置7に供給する。本第2の実施形態では、 R_v 、 G_v 、 B_v の色空間の画像データを補正画像データとして、半導体メモリや磁気記憶媒体等に格納する。

【0054】B-2. 第2の実施形態の動作

次に、本第2の実施形態の動作を説明する。なお、上述した第1の実施形態と同じ部分については簡単に説明する。まず、予走査において、画像入力装置1によって、予めメモリに保存されているRGBの色空間からなる画像データを入力し、色空間変換部10によって、RGBの色空間からなる画像データを、周知の方式に従って、 $L^*a^*b^*$ の色空間からなる画像データに変換する。次に、ヒストグラム計測部2によって、明度信号 L^* における各階調の頻度数（画素数）を計数して、図2

(a)に概念的に示すヒストグラム $H(i)$ を作成し、メモリ8に格納する。

【0055】次に、特徴量抽出部3aにおいて、メモリ8に格納されたヒストグラム $H(i)$ から特徴量として、頻度の最小値MIN、頻度の最大値MAX、頻度の平均値AVE、および頻度の標準偏差 σ を算出し、補正係数設定部3bにおいて、上記頻度の最小値MIN、頻度の最大値MAX、頻度の平均値AVE、および頻度の標準偏差 σ を用いて、数式7および数式8に従って補正係数 γ_1 、 γ_2 を算出する。

【0056】次に、ヒストグラム変形部4において、上記補正係数 γ_1 、 γ_2 を用いて、数式9および数式10により、メモリ8に格納されているヒストグラム H

(i)をヒストグラム $G(i)$ に変換する。この結果、前述した第1の実施形態と同様に、ヒストグラム H

(i)における頻度の少ない階調または頻度の多い階調は、そのままの頻度で出力されるので維持され、他の階調は、平均に近づくように、すなわち平坦化するように変換される。さらに、階調変換手段設定部5において、変形後のヒストグラム $G(i)$ を用いて、変換前のヒス*

*トグラム $H(i)$ における各階調の頻度を、変換後のヒストグラムのどの階調にいくつ移動させるかを示す階調変換テーブル（図6(b)）を階調変換部6に作成する。

【0057】次に、本走査においては、画像入力装置1から供給される明度信号 L^* の画像データの階調を、階調変換部6の階調変換テーブルによって変換し、色空間変換部13によって、上記階調変換テーブルによって変換された明度信号 L_v^* 、色空間変換部10から供給される a^* 、 b^* を、再び、 R_v 、 G_v 、 B_v の色空間の画像データに変換する。画像出力装置7では、 R_v 、 G_v 、 B_v の色空間の画像データを補正画像データとして半導体メモリや磁気記憶媒体等に格納する。

【0058】C-1. 第3の実施形態の構成

次に、本発明の第3の実施形態による画像処理装置について説明する。図7は本第3の実施形態による画像処理装置の構成を示すブロック図である。なお、図1に対応する部分には同一の符号を付けて説明を省略する。また、本第3の実施形態では、ヒストグラム $H(i)$ の頻度数を、前述した数式9および数式10に示す頻度数変換式に従って変換しながら階調変換部の階調変換テーブルを設定する。このとき、上記頻度数変換式を頻度平均値AVEを中心に対称となるように補正するようにしたので、ヒストグラム変形後に、変換後のヒストグラム $G(i)$ を正規化する必要がなくなり、処理時間を短縮することができるとともに、メモリを節約することができる。

【0059】図7において、階調変換手段設定部14は、図8に示すように、ヒストグラム変形条件設定部3で決定された補正係数 γ_1 、 γ_2 によって一意に決定された頻度数変換式に基づいて、頻度最小値MINから頻度平均値AVEまでの範囲で、変換前の頻度数と変換後の頻度数との差である面積Aを算出するとともに、頻度平均値AVEから頻度最大値MAXまでの範囲で、変換前の頻度数と変換後の頻度数との差である面積Bを算出する。該面積Aおよび面積Bは、次式で表される。

【数15】

$$A = \int_{\text{MIN}}^{\text{AVE}} (G(i) - H(i)) dH(i)$$

但し、 $H(i) = \text{MIN} \sim \text{AVE}$

【0060】

【数16】

$$B = \int_{AVE}^{MAX} (H(i) - G(i)) dH(i)$$

但し、 $H(i) = AVE \sim MAX$

【0061】また、階調変換手段設定部14は、面積Aおよび面積Bを算出した後、次式が成立するように面積比率RATを設定する。

【数17】

$$B = RAT \times A$$

【0062】さらに、階調変換手段設定部14は、ある階調iにおける頻度数h(i)が頻度平均値AVEよりも小さければ、頻度数変換式により得られる頻度数g(i)をRAT倍して(図8のA'参照)、h(i)で示される階調がg(i)×RATで示される階調で出力されるような階調変換テーブル(LUT)を作成し、h(i)が頻度平均値AVEよりも大きければ、h(i)で示される階調が頻度数g(i)で示される階調で出力されるように、階調変換部6の階調変換テーブル(LUT)を作成する。このように、階調変換部6の階調変換テーブルを作成する段階で、面積Aと面積Bとを等しくすることで、変換後のヒストグラムG(i)を正規化する必要がなくなる。

【0063】C-1. 第3の実施形態の動作

次に、本第3の実施形態の動作を説明する。ここで、図9は、上述した第3の実施形態による画像処理装置におけるヒストグラム変形条件設定部3での頻度数変換処理と階調変換手段設定部14での階調変換テーブルの作成処理の動作を示すフローチャートである。まず、予走査において、画像入力装置1によって画像データを入力し、ヒストグラム計測部2によって、入力画像データの階調の頻度数を計数して、図2(a)に概念的に示すヒストグラムH(i)を作成し、メモリ8に格納する。

【0064】次に、ヒストグラム変形条件設定部3の特徴量抽出部3aによって、メモリ8に格納されたヒストグラムH(i)から特徴量として、頻度の最小値MIN、頻度の最大値MAX、頻度の平均値AVE、および頻度の標準偏差σを算出する。そして、補正係数設定部3bによって、上記頻度の最小値MIN、頻度の最大値MAX、頻度の平均値AVE、および頻度の標準偏差σを用いて、前述した数式7および数式8に従って補正係数γ1、γ2を算出する。

【0065】次に、図9に示すステップSb1において、上記補正係数γ1、γ2を用いて、前述した数式9および数式10に示す頻度数変換式を決定する。次に、ステップSb2において、上述した数式7により、頻度最小値MINから頻度平均値AVEまでの範囲で、変換前の頻度数h(i)と変換後の頻度数g(i)との差で

均値AVEから頻度最大値MAXまでの範囲で、変換前の頻度数h(i)と変換後の頻度数g(i)との差である面積Bを算出する。さらに、ステップSb3において、数式9を満足する面積比率RATを算出する。

【0066】次に、ステップSb4～Sb7では、階調iを0～255まで順次変化させながら、階調変換部6の階調変換テーブルを作成する。すなわち、まず、ステップSb4において、ある階調iにおける頻度数h(i)が頻度平均値AVEよりも小さいか否かを判断し、頻度数h(i)が頻度平均値AVEよりも小さければ、ステップSb5で、上述した頻度数変換式で得られる頻度数g(i)をRAT倍した後、頻度数h(i)で示される階調と頻度数g(i)×RATで示される階調を比較し、ステップSb7で、頻度数h(i)で示される階調が頻度数g(i)×RATで示される階調で出力されるように、階調変換テーブル(LUT)を作成する。一方、頻度数h(i)が頻度平均値AVEよりも大きければ、ステップSb6で、頻度数h(i)で示される階調と頻度数g(i)で示される階調を比較し、ステップSb7で、頻度数h(i)で示される階調が頻度数g(i)で示される階調で出力されるように、階調変換テーブル(LUT)を作成する。

【0067】次に、本走査においては、階調変換部6の階調変換テーブルによって、画像入力装置1から供給される画像データの階調を変換し、画像出力装置7に送出する。画像出力装置7では、階調変換された補正画像データを出力する。

【0068】このように、本第3の実施形態では、入力画像データのヒストグラムH(i)から入力画像データの特徴量に基づいて頻度数変換式を作成した後、階調の平均値を中心として該頻度変換式における対称性を補正しながら階調変換テーブルを作成するようにしたので、ヒストグラムG(i)を正規化する必要がなくなり、第1の実施形態の効果に加えて、処理時間を短縮できるとともに、メモリを節約することができる。

【0069】D. 頻度数変換式の他の例

なお、上述した実施形態では、ヒストグラム変形条件設定部3およびヒストグラム変形部4において、ヒストグラムH(i)をヒストグラムG(i)に変換する際、頻度の少ない階調または頻度の多い階調はそのままの頻度で、他の階調は平坦化するように変換するために、数式9および数式10に示す頻度数変換式を用いたが、これに限定されることなく、他の関数式を用いてもよい。例

イン (Spline) 関数を用いてもよい。すなわち、図2 (b) に示す関数をスプライン関数によって作成するわけである。

【0070】スプライン関数では、例えば、5つの点を滑らかにつなぐ場合には、4本の異なるn次のスプライン曲線によって構成する。本発明の頻度数変換式に該スプライン関数を適用するには、3点を滑らかにつなぐために、2本の4次スプライン曲線を用いる。4次のスプライン曲線yは、次式で表される。

【数18】

$$y = a_5 x^4 + a_4 x^3 + a_3 x^2 + a_2 x + a_1$$

【0071】但し、xは変形前のヒストグラムH (i) の値域 [MIN, …, MAX] を正規化した値であり、yは変形後のヒストグラムG (i) を正規化した値である。したがって、xおよびyの取り得る値域は、[0, …, 1] である。上記スプライン曲線を2本用いて、図10 (すなわち、図2 (b)) に示す曲線を実現するために、(x, y) = (0, 0)、(X, Y)、(1, 1) の3点を滑らかにつなぐ関数を求める。今回の手法で頻度数変換式に対応させる場合には、X=Y=AVEとする。

【0072】(0, 0) と (X, Y) をつなぐスプライン曲線の各係数を以下に示す。

【数19】

$$a_1 = 0$$

【0073】

【数20】

$$a_1 = \frac{2Y}{X} - \text{slope}$$

【0074】ここで、 $a_2 < 0$ の場合、

【数21】

$$a_2 = 0$$

【0075】

$$a_2 = \frac{2X^2(3-X)(Y-1) - X^3 \text{slope}(4-X) + \text{slope}(4X-1)}{2X^2(3-X)}$$

【0083】

【数30】

$$a_3 = \frac{3(\text{slope} - a_2)}{X(3-X)}$$

【0084】

【数31】

$$a_4 = \frac{a_3(1+X)}{3-X} = -\frac{(1+X)(\text{slope} - a_2)}{X^2(3-X)}$$

【0085】

* 【数22】

$$a_3 = \frac{3Y - X \text{slope}}{X^2}$$

【0076】

【数23】

$$a_3 = \frac{X \text{slope} - 2Y}{X^3}$$

10 【0077】

【数24】

$$a_5 = 0$$

【0078】 $a_2 \geq 0$ の場合、

【数25】

$$a_3 = 0$$

【0079】

【数26】

$$20 \quad a_4 = \frac{\text{slope} - a_2}{X^2}$$

【0080】

【数27】

$$a_5 = -\frac{a_4}{2X}$$

【0081】次に、(X, Y) と (1, 1) をつなぐスプライン曲線の各係数を以下に示す。

30 【数28】

$$a_1 = 1 - a_2 - a_3 - a_4 - a_5$$

【0082】

【数29】

$$40 \quad a_5 = -\frac{a_4}{2(X+1)} = \frac{\text{slope} - a_2}{2X^2(3-X)}$$

【0086】なお、上記係数におけるslopeは、曲線の曲がり具合を決定する変数であり、値域は[0, …, 1] である。値による形状の変化は、
slope=0 → y=Yである直線
slope=1 → 直線
となる。一例として、(0, 0) と (X, Y) をつなぐスプライン曲線には、slope=Y1、(X, Y) と (1, 1) をつなぐスプライン曲線には slope=

を用いてもよい。

【0087】

【発明の効果】以上、説明したように、この発明によれば、ヒストグラム作成手段によって、画像データの階調毎に画素数を計数することによりヒストグラムを作成した後、抽出手段によって、ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムに基づいて画像データの特徴情報を抽出し、変換手段によって、前記抽出手段によって抽出された特徴情報に基づいて、前記ヒストグラム作成手段によって作成されたヒストグラムにおいて頻度の多い階調および頻度の少ない階調を維持し、その他の部分の階調を平坦化するように、前記画像データの階調を変換するようにしたので、入力画像の重要な特徴を維持したまま入力画像全体に渡って適切な補正処理を容易に行うことができるという利点を得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 本第1の実施形態による画像処理装置の階調変換方式を説明するための概念図である。

【図3】 本第1の実施形態による画像処理装置の階調変換テーブル作成を説明するための概念図である。

【図4】 本第1の実施形態による画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】 本第2の実施形態による画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図6】 本第2の実施形態による画像処理装置の階調*

* 変換テーブル作成を説明するための概念図である。

【図7】 本第3の実施形態による画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図8】 本第3の実施形態による画像処理装置の階調変換テーブル作成を説明するための概念図である。

【図9】 本第3の実施形態による画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図10】 本発明による頻度数変換式を実現するためのスプライン関数による例を示す概念図である。

【図11】 従来の画像処理装置における階調変換方式を説明するための概念図である。

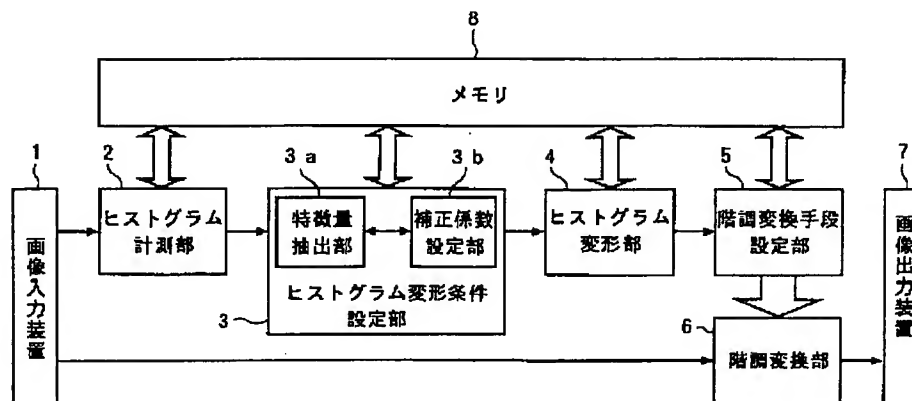
【図12】 従来の画像処理装置における他の階調変換方式を説明するための概念図である。

【図13】 従来の画像処理装置における他の階調変換方式を説明するための概念図である。

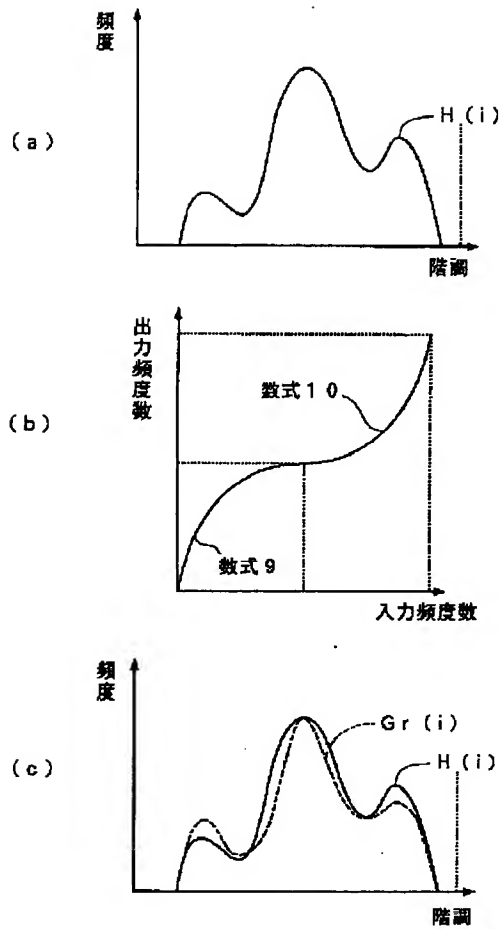
【符号の説明】

- 2 ヒストグラム計測部（ヒストグラム作成手段）
- 3 ヒストグラム変形条件設定部
- 3 a 特徴量抽出部（抽出手段）
- 3 b 補正係数設定部
- 4 ヒストグラム変形部（変換手段、ヒストグラム補正手段、頻度数変換式設定手段）
- 5 階調変換手段設定部（変換手段）
- 6 階調変換部（変換手段、補正手段）
- 1 2 階調変換手段設定部（変換手段）
- 1 4 階調変換手段設定部（頻度数変換式補正手段）

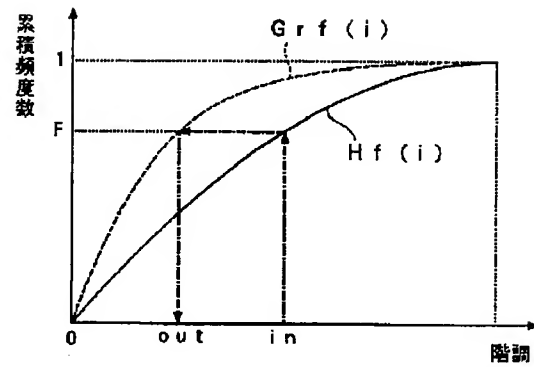
【図1】



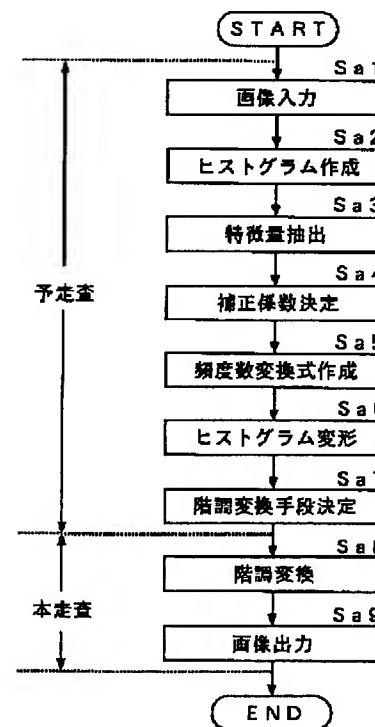
【図 2】



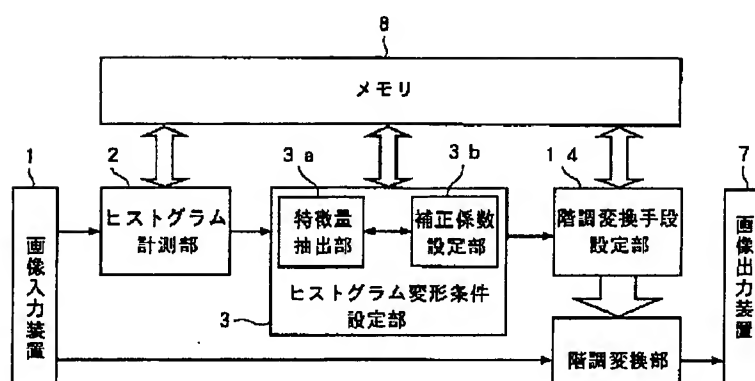
【図 3】



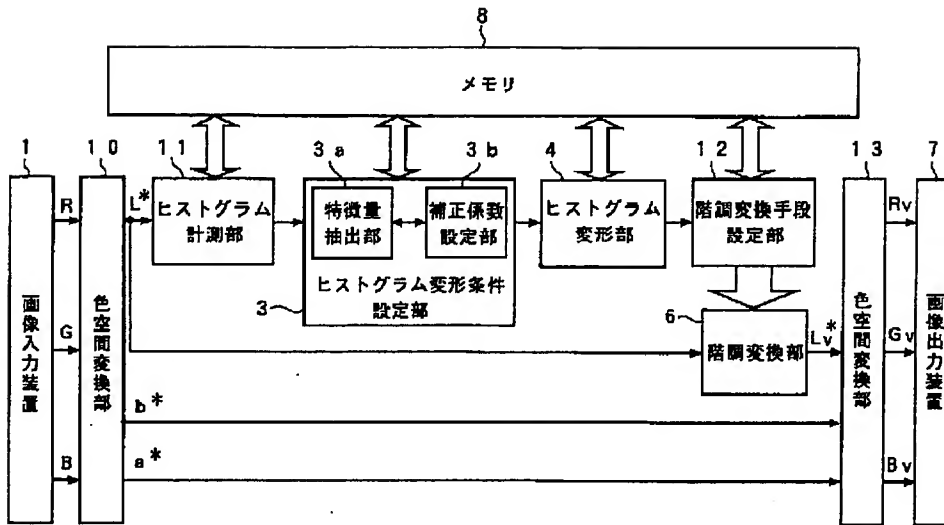
【図 4】



【図 7】



【図5】



【図6】

(a)

階調	0	1	2	3	4	5	6	7
ヒストグラム変換前の要素数	1	6	20	18	2	25	3	5
ヒストグラム変換後の要素数	1	0	1	0	1	0	1	0

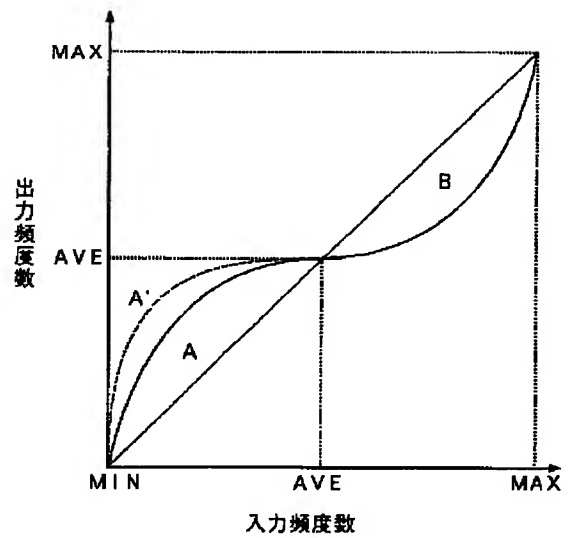
Diagram showing the mapping of input histogram elements to output elements. Arrows indicate the following connections:

- Input 0 → Output 0
- Input 1 → Output 2
- Input 2 → Output 1
- Input 3 → Output 3
- Input 4 → Output 4
- Input 5 → Output 5
- Input 6 → Output 6
- Input 7 → Output 7

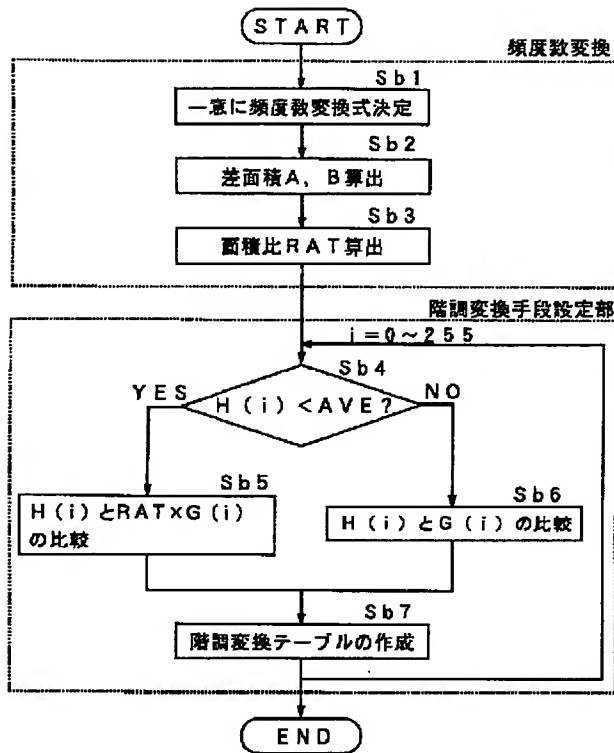
(b)

変換前階調 \ 変換後階調	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	6	3					
1			10					
2			7	3				
3				10				
4				5	2	3		
5						10		
6						10		
7					2	3	5	

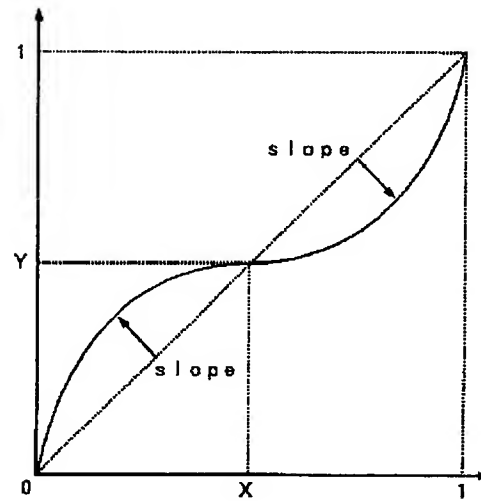
【図8】



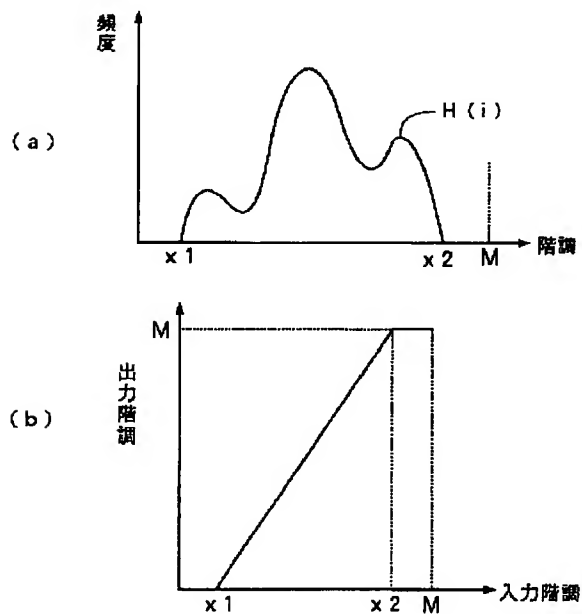
【図9】



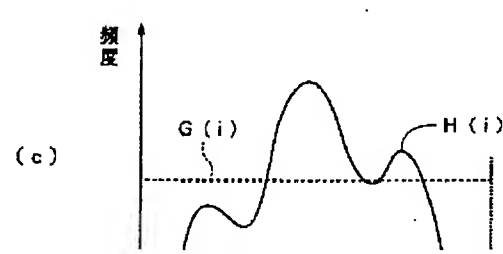
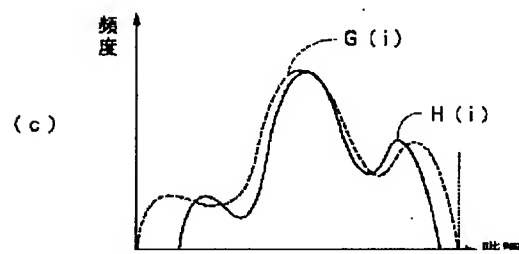
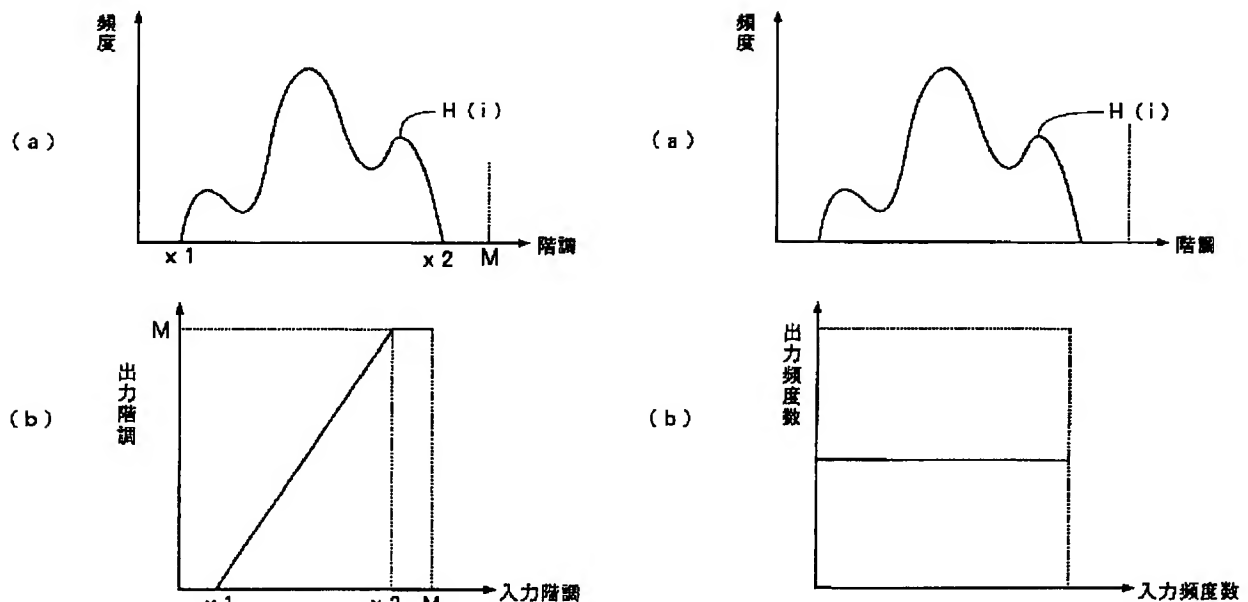
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

